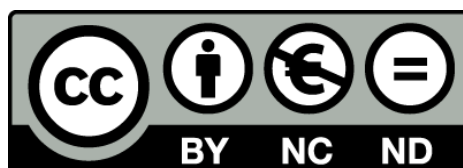


**Dendroecologia de *Pinus halepensis* Mill.  
en Este de la Península Ibérica e Islas Baleares:  
Sensibilidad y grado de adaptación  
a las condiciones climáticas**

Montserrat Ribas Matamoros



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 3.0. Espanya de Creative Commons.**

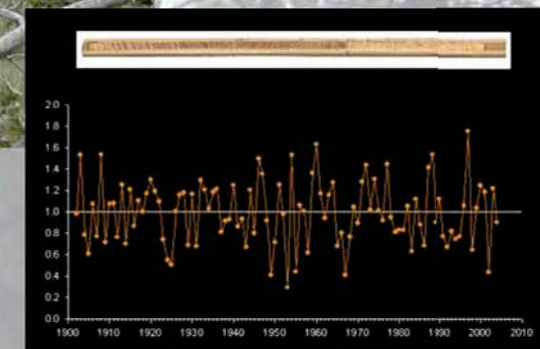
Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0. Spain License.**



# **DENDROECOLOGÍA DE *PINUS HALEPENSIS* MILL. EN EL ESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA E ISLAS BALEARES: SENSIBILIDAD Y GRADO DE ADAPTACIÓN A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Montserrat Ribas Matamoros





DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE ECOLOGÍA AVANZADA BIENIO 1999-2001

**DENDROECOLOGÍA DE *PINUS HALEPENSIS* MILL.  
EN ESTE DE LA PENINSULA IBERICA E ISLAS BALEARES:  
SENSIBILIDAD Y GRADO DE ADAPTACIÓN  
A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Tesis presentada por **Montserrat Ribas Matamoros** para optar al título de Doctora por la Universidad de Barcelona.

El presente trabajo se ha realizado bajo la dirección de la **Dra. Emilia Gutiérrez Merino** (Universidad de Barcelona).

Barcelona, Junio del 2006







## AGRADECIMIENTOS

Como si de un cuento se tratase, hemos recorrido un largo camino para llegar a completar esta realidad. Y digo “hemos” porque he estado acompañada, en todo momento, por mi directora Emilia Gutiérrez, quien ha querido vivir con la misma intensidad e ilusión que yo, lo que ha supuesto la realización de este trabajo.

Son tantas las personas, lugares y situaciones las que me han llenado de fuerza y facilitado el camino, que por más que busque, nunca encontraré las palabras para agradecerlos a todos tanto aliento.

Así que doy las gracias a la Unidad de Sanidad Forestal de la Diputación de Aragón por confiar plenamente en nosotras, dándome la oportunidad de desarrollar este estudio, y muy especialmente a Enrique Martín Bernal. También al Parque Natural del Garraf, de la Diputació de Barcelona, por permitirlo y darle soporte (especialmente a Santi Llacuna y Jaume Garganté). Al Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, por ser la entidad que me ha acogido.

Durante los numerosos años que el trabajo de campo ha requerido, son dos los proyectos científicos que lo han respaldado. Todo empezó con el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia FOR91-0689 dirigido por el Dr. Gabriel Montserrat, gracias por ser el germen de todo, y el proyecto de la Unión Europea FORMAT (ENV4-CT97-0641) por permitir su continuación y desarrollo.

A los miembros del grupo “Dendrix” por añadir a cada uno de los días un trampolín de sorpresas y, sobre todo, entrega. No puedo pasar estas líneas sin citar algunas de las personas que han estado más cerca de mí y del trabajo: Elena Muntán y Octavi Planells. Gracias también a Jaime Ordóñez por su chispa y colaboración.

Tampoco puedo pasar por alto todas aquellas personas que han colaborado en las tareas de campo (orden cronológico): Emilia Gutiérrez, Agnès Bernat, Jesús Julio Camarero, Oriol Bosch, Mireia Abril, Hannah Berry, Montserrat Roda, Elena Muntán, Laia Andreu, Octavi Planells, Jaime Ordóñez, Josep Sardanyés, Yolanda Cara, Santi Llacuna (Director del P.N. del Garraf), Jaume Garganté (guarda forestal del P.N. del Garraf), Enrique Martín, Joaquín Tena (agente de protección de la naturaleza de Aragón), José Bellosta, Marc Macías, Laia Andreu, Enric Batllori, Ivan Nadal, Jaume Fons, Regino Zamora, Jorge Castro, Jose Antonio, M<sup>a</sup> Jesús, Martín de Luís, Mónica Berbegal, David Izaguerri, Xavier Ribas, Judit Mira, Lluís (Guarda forestal de Formentera), Samuel Pons, y por último a los guardas forestales de Mallorca (Jordi, Pep, Jaime...), y a Núria y a Toni Planells por proporcionarnos refugio en Costitx. Merece especial cita Gemma Gràcia por su formidable labor en el diseño gráfico de la presente memoria, gracias por dar formato a mis expresiones.

Por último, me encantaría dedicar este trabajo a los míos, porque sin vosotr@s esto me hubiera sido mucho más costoso, rozando la imposibilidad. Perdonad que os cite en el anonimato, prefiero limitarme a citar sólo a la gente y entidades que han colaborado directamente en la realización del trabajo; sin embargo vosotr@s habéis sido una de mis fuentes de energía. En especial quiero citar al personaje 2119 que ha sabido estar a mi lado (tarea no siempre fácil, y nunca sencilla) en el último año y medio de realización del trabajo; y a mi madre y hermano por estar siempre allí dispuestos incondicionalmente a ayudarme.

**ABREVIACIONES**

<b>A</b>	Área
<b>AB</b>	Área Basal
<b>AC</b>	Análisis de Cluster
<b>ACP</b>	Análisis de Componentes Principales
<b>Aflor.</b>	Afloramientos rocosos
<b>Alb.</b>	Albura
<b>Ampl. Tª</b>	Amplitud térmica anual
<b>AR<sub>(1)</sub></b>	Autocorrelación de primer grado
<b>AR<sub>(2)</sub></b>	Autocorrelación de segundo grado
<b>CP</b>	Componente Principal
<b>CV</b>	Coeficiente de Variación
<b>D.</b>	Densidad
<b>DAP</b>	Diámetro a la Altura del Pecho (1,30 m)
<b>Diám.</b>	Diámetro
<b>DS</b>	Desviación estándar
<b>ENSO</b>	El Niño-Oscilación del Sur
<b>EPS</b>	Señal Expresada de la población
<b>ET<sub>o</sub></b>	Evapotranspiración potencial
<b>FR</b>	Funciones Respuesta
<b>GCM</b>	Modelos de Circulación General
<b>H</b>	Cociente de Emberger
<b>Alt.</b>	Altura total del árbol
<b>I</b>	Invierno



<b>IADF</b>	<i>Intra-annual Density Fluctuations</i> , Fluctuaciones intraanuales de la densidad
<b>MO</b>	Oscilación del Mediterráneo, con sus dos variantes (MOAC y MOIG)
<b>MS<sub>x</sub></b>	Sensibilidad media
<b>NAO</b>	Oscilación del Atlántico Norte
<b>O</b>	Otoño
<b>Orient.</b>	Orientación
<b>P</b>	Primavera
<b>PE</b>	Perímetro
<b>Pdte.</b>	Pendiente
<b>Ph</b>	<i>Pinus halepensis</i> .
<b>PR</b>	Precipitación
<b>r<sub>s</sub></b>	Coefficiente de correlación de <i>Spearman</i>
<b>RDA</b>	Análisis de Redundancias
<b>RS</b>	Radiación solar
<b>r/ds</b>	Cociente de regresión parcial
<b>R<sub>c</sub>/DS<sub>c</sub></b>	Cociente de regresión múltiple de la calibración
<b>R<sub>v</sub>/DS<sub>v</sub></b>	Cociente de regresión múltiple de la verificación
<b>SNR</b>	Relación señal ruido
<b>SO</b>	Oscilación del Sur
<b>TM</b>	Temperatura media
<b>TMA</b>	Temperatura media de las máximas
<b>TMA<sub>(c)</sub></b>	Temperatura media de las máximas del mes más cálido
<b>TMAA</b>	Temperatura media de las máximas absolutas
<b>TMI</b>	Temperatura media de las mínimas
<b>TMI<sub>(f)</sub></b>	Temperatura media de las mínimas del mes más frío.

<b>TMIA</b>	Temperatura media de las mínimas absolutas
<b>V</b>	Verano
<b>VAR CP-I</b>	Porcentaje de variabilidad explicada por el primer componente de un ACP
<b>WeMO</b>	Oscilación del Mediterráneo Occidental

# Índice

<b>ÍNDICE</b>	<b>I</b>
<b>ABREVIACIONES</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
OBJETIVOS	13
ANTECEDENTES	14
JUSTIFICACIÓN	15
EL PINO CARRASCO	17
Taxonomía y descripción morfológica	17
Distribución geográfica actual	18
Localizaciones	19
El pino carrasco en España	21
Distribución paleogeográfica	22
Características ecológicas generales	23
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>25</b>
RED DE LOCALIDADES DE <i>PINUS HALEPENSIS</i> MILL.	27
Descripción general	27
Trabajo de campo	30
Trabajo de laboratorio	31
<i>Datación y sincronización de los anillos de crecimiento</i>	31
<i>Validación de la datación</i>	32
Cronologías del grosor de los anillos de crecimiento	32
<i>Obtención de las cronologías</i>	32
<i>Parámetros descriptivos</i>	35
<i>Determinación empírica de la longitud de la función spline</i>	36
SEGUIMIENTO DEL CRECIMIENTO RADIAL EN EL GARRAF	38
Trabajo de campo	38
<i>Localidad y zona de estudio</i>	38
<i>Seguimiento del crecimiento radial</i>	39
Cálculo de las tasas diarias de crecimiento en perímetro	40
Relaciones crecimiento-clima con las tasas diarias de crecimiento en perímetro	41



SERIES CLIMÁTICAS Y CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA	41
Selección de las estaciones meteorológicas	42
Obtención y verificación de los datos	43
Revisión y validación de las series climáticas	43
Climodiagramas e índices fitoclimáticos	45
Análisis de los años característicos	46
Análisis espaciotemporal de las tendencias climáticas	47
Análisis espaciotemporal de la variabilidad climática	48
RECONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA RECIENTE Y DEL RÉGIMEN DE	49
PERTURBACIONES DE LAS MASAS FORESTALES (Análisis de los cambios	
en las tasas anuales de crecimiento)	
ANÁLISIS MULTIVARIANTES: ACP, RDA Y AC	50
FUNCIONES RESPUESTA: RELACIONES CRECIMIENTO-CLIMA EN LA RED	51
DE LOCALIDADES BASADAS EN EL GROSOR DE LOS ANILLOS	

---

## **CAPÍTULO I: CRECIMIENTO RADIAL Y FENOLOGÍA DE *PINUS HALEPENSIS*** **55**

### **MILL. EN EL GARRAF Y SU RELACIÓN CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS**

INTRODUCCIÓN	57
EL CLIMA DE BEGUES: PERÍODO 1995 – 2004	59
TASAS DE CRECIMIENTO EN PERÍMETRO DEL PINO CARRASCO	62
VARIABILIDAD EN LAS TASAS DE CRECIMIENTO	66
PERÍODO Y PATRÓN DE CRECIMIENTO RADIAL	69
CONTROL DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE LAS TASAS DE	72
CRECIMIENTO EN PERÍMETRO	
FORMACIÓN DEL ANILLO DE CRECIMIENTO Y SU RELACIÓN CON LAS	74
CONDICIONES CLIMÁTICAS	
SÍNTESIS	76

---

## **CAPÍTULO 2: CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA RED DE LOCALIDADES** **79**

### **DE *PINUS HALEPENSIS* MILL.**

INTRODUCCIÓN	81
EL CLIMA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA E ISLAS BALEARES	83
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CLIMA DE LAS LOCALIDADES DE LA RED	85
Climodiagramas	87
Régimen térmico y pluviométrico	98
Índices fitoclimáticos	98

El clima de las localidades según los análisis multivariantes	102
CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL CLIMA DE LA RED DE LOCALIDADES	104
Tendencias climáticas	104
Años característicos	109
Evolución de la variabilidad climática	112
SÍNTESIS	117
<b>CAPÍTULO 3: ESTRUCTURA DE LOS BOSQUES Y ANÁLISIS DE LA RED DE CRONOLOGÍAS DE <i>PINUS HALEPENSIS</i> MILL. EN ESPAÑA</b>	<b>120</b>
INTRODUCCIÓN	122
LOCALIDADES DE ESTUDIO	124
Geología, edafología y vegetación	124
Estructura de las poblaciones forestales	130
Relaciones entre variables estructurales	133
Estructura demográfica y régimen de perturbaciones de las poblaciones de pino carrasco	138
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS CRONOLOGÍAS	191
SÍNTESIS	204
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LAS RELACIONES CRECIMIENTO-CLIMA</b>	<b>208</b>
INTRODUCCIÓN	210
PATRÓN GENERAL DEL EFECTO DEL CLIMA SOBRE EL CRECIMIENTO RADIAL DEL PINO CARRASCO EN ESPAÑA	213
RELACIONES ENTRE EL CRECIMIENTO ANUAL (GROSOR DE LOS ANILLOS) Y EL CLIMA EN EL GARRAF Y SU RELACIÓN CON EL PATRÓN DE CRECIMIENTO	219
RELACIONES CRECIMIENTO-CLIMA EN LA RED DE LOCALIDADES A ESCALA LOCAL	221
RELACIONES CRECIMIENTO-CLIMA EN LA RED DE LOCALIDADES A ESCALA REGIONAL	234
SEÑALES CLIMÁTICOS DE ÁMBITO GLOBAL (TELECONEXIONES) CONTENIDOS EN LAS SERIES DE CRECIMIENTO RADIAL	238
ESTABILIDAD TEMPORAL DE LAS RELACIONES CRECIMIENTO-CLIMA	242
SÍNTESIS	245

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>250</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>259</b>
<b>ANEXO</b>	<b>280</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>301</b>